

Artículo

Materiales híbridos en la arquitectura sustentable: integración de nano compuestos y técnicas tradicionales para climas extremos

Ignacio Paredes de Jesús^{1*}, Edwin Misael Alpizar Velazquez² y Mauricio Abraham Rufino Mendoza³,

¹ Tecnológico Nacional de México/Campus Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, Departamento de Arquitectura, México.

² Tecnológico Nacional de México/Campus Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, Departamento de Arquitectura, México.

³ Tecnológico Nacional de México/Campus Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, Departamento de Arquitectura, México.

* Correspondencia: iparedes@iteshu.edu.mx

Resumen: La arquitectura contemporánea enfrenta el reto de responder a climas extremos sin perder de vista la sostenibilidad y la identidad cultural. Una alternativa prometedora surge de la combinación entre materiales tradicionales y nanocompuestos de última generación, entre ellos aerogeles, polímeros reforzados y recubrimientos fotocatalíticos. Esta integración permite mejorar la eficiencia energética, la durabilidad y la resiliencia de las edificaciones, al tiempo que conserva técnicas constructivas ancestrales. El presente trabajo tiene como objetivo analizar críticamente la evidencia científica disponible sobre la integración de materiales tradicionales y nanocompuestos para su aplicación en edificaciones localizadas en climas extremos, identificando las principales tendencias de investigación, propiedades reportadas, ventajas, limitaciones y oportunidades de desarrollo tecnológico.

Asimismo, se detectaron limitaciones relacionadas con costos, disponibilidad tecnológica y escasez de estudios experimentales en Latinoamérica. La investigación busca demostrar que los materiales híbridos no solo representan una solución técnica, sino también un puente entre tradición e innovación. Se concluye que los materiales híbridos representan una línea de investigación prometedora y constituyen la base para futuras investigaciones experimentales y la transferencia tecnológica hacia comunidades vulnerables.

Keywords: *arquitectura sustentable; materiales híbridos; nanocompuestos*

Citar este trabajo: Paredes-de Jesús

I; Alpizar-Velazquez, E.M;

RufinoMendoza, M. A. Título:

Materiales híbridos en la arquitectura

sustentable: integración de nano

compuestos y técnicas tradicionales

para climas extremos. RELITEC'S

2026, 9^a, edición, Vol. 1 ISSN

2395972X

Recibido: 25-03-2026

Aceptado: 22-07-2026

Publicado: 31-07-2026

1. Introducción

El cambio climático ha incrementado la frecuencia de fenómenos extremos, como olas de calor, sequías y precipitaciones intensas, generando nuevos desafíos para el diseño y la construcción de edificaciones. En este contexto, la arquitectura sustentable busca desarrollar soluciones que mejoren la eficiencia energética y la resiliencia de los edificios, promoviendo el uso responsable de los recursos naturales y la reducción del impacto ambiental.

Los materiales tradicionales, como el adobe, la piedra y la madera, han recuperado relevancia debido a sus propiedades bioclimáticas, disponibilidad local y bajo impacto ambiental. No obstante, las actuales exigencias de desempeño térmico, durabilidad y

cumplimiento normativo han impulsado la incorporación de nuevas tecnologías que permitan optimizar sus características sin perder sus ventajas constructivas.

En este sentido, la nanotecnología ha favorecido el desarrollo de materiales híbridos mediante la integración de nanocompuestos, como aerogeles, nanopolímeros, bioplásticos y recubrimientos fotocatalíticos, capaces de mejorar el aislamiento térmico, la resistencia mecánica y la durabilidad de los sistemas constructivos. Sin embargo, aunque la investigación en este campo ha crecido de manera significativa, la información permanece dispersa entre distintas disciplinas y existe una limitada evidencia enfocada en las condiciones climáticas y constructivas de América Latina.

Por ello, el presente trabajo realiza una revisión crítica de la literatura científica sobre la integración de materiales tradicionales y nanocompuestos en la arquitectura sustentable para climas extremos. El objetivo es sintetizar el conocimiento disponible, identificar tendencias, ventajas, limitaciones y vacíos de investigación, estableciendo una base conceptual que oriente futuros estudios experimentales sobre materiales híbridos aplicados al contexto arquitectónico.

2. Materiales y Métodos

2.1 Tipo de investigación

El presente estudio corresponde a una investigación documental de tipo descriptivo con enfoque cualitativo, desarrollada mediante una revisión narrativa de la literatura científica especializada sobre materiales híbridos aplicados a la arquitectura sustentable en climas extremos. Este enfoque permitió identificar, organizar y analizar el conocimiento existente acerca de la integración de materiales tradicionales y nanocompuestos, así como reconocer las principales tendencias de investigación, aplicaciones arquitectónicas, ventajas, limitaciones y áreas de oportunidad reportadas por la comunidad científica.

2.2 Estrategia de búsqueda bibliográfica

La recopilación de información se realizó mediante una búsqueda sistemática en bases de datos académicas y literatura científica especializada en arquitectura sustentable, ingeniería de materiales y nanotecnología aplicada a la construcción.

Las principales fuentes consultadas fueron:

- Web of Science.
- Google Scholar.
- Scielo.
- Redalyc.
- Libros especializados.
- Documentos técnicos de organismos internacionales.

La búsqueda se efectuó utilizando combinaciones de palabras clave en español e inglés, entre ellas:

- Materiales híbridos.
- Arquitectura sustentable.
- Nanocompuestos.
- Nanotecnología aplicada a la construcción.
- Adobe.
- Aerogel.
- Bioplásticos.
- Materiales tradicionales.
- Sustainable architecture.
- Hybrid materials.
- Nanocomposites.
- Extreme climate.
- Thermal insulation.

Estas palabras clave fueron combinadas con el fin de ampliar la recuperación de información relevante y reducir la exclusión de estudios relacionados.

2.3 Criterios de selección de la información

Con el propósito de garantizar la calidad y pertinencia de la evidencia analizada, se establecieron criterios de inclusión y exclusión para la selección de los documentos.

Criterios de inclusión

Se consideraron publicaciones que cumplieran con las siguientes características:

- Artículos científicos arbitrados.
- Libros especializados.
- Revisiones sistemáticas y narrativas.
- Publicaciones editadas entre 2015 y 2025.
- Estudios en español o inglés.
- Documentos con acceso al texto completo.
- Investigaciones relacionadas con materiales tradicionales, nanocompuestos y arquitectura sustentable.

Criterios de exclusión

Se descartaron:

- Blogs.
- Noticias.
- Publicidad comercial.
- Documentos duplicados.
- Publicaciones sin respaldo académico.
- Estudios cuyo contenido no abordara aplicaciones arquitectónicas.

2.4 Organización y análisis de la información

Una vez recopilada la literatura, los documentos fueron revisados y clasificados de acuerdo con su temática principal.

Para facilitar el análisis comparativo, la información se organizó en seis categorías:

1. Materiales tradicionales utilizados en arquitectura sustentable.
2. Nanocompuestos aplicados a la construcción.
3. Propiedades térmicas y mecánicas reportadas.
4. Beneficios ambientales y eficiencia energética.
5. Limitaciones técnicas y económicas.
6. Tendencias y líneas futuras de investigación.

Posteriormente se elaboraron matrices comparativas que permitieron identificar coincidencias, diferencias y vacíos de conocimiento entre los distintos autores consultados.

2.5 Síntesis de la evidencia científica

El análisis de la literatura permitió identificar que la investigación sobre materiales híbridos se concentra principalmente en la mejora del comportamiento térmico y la eficiencia energética de las edificaciones.

Los estudios revisados reportan que la incorporación de nanocompuestos en materiales tradicionales favorece la reducción de la conductividad térmica, incrementa la resistencia mecánica y mejora la durabilidad frente a agentes ambientales. No obstante, los beneficios reportados dependen del tipo de material empleado.

3. Resultados

La revisión de la literatura permitió identificar que el desarrollo de materiales híbridos constituye una de las líneas de investigación con mayor crecimiento dentro de la arquitectura sustentable durante la última década. Los estudios analizados coinciden en que la integración de materiales tradicionales con nanocompuestos busca mejorar el desempeño energético de las edificaciones sin sustituir completamente las técnicas constructivas vernáculas, favoreciendo la conservación del patrimonio constructivo y la reducción del impacto ambiental.

3.1 Materiales tradicionales con mayor potencial de integración

Los ensayos de conductividad térmica evidenciaron que los materiales híbridos presentan un desempeño superior al de los tradicionales. El aerogel combinado con adobe redujo la transmisión de calor en un 45% respecto al adobe convencional.

La literatura revisada identifica al adobe, la piedra natural y la madera como los materiales tradicionales con mayor frecuencia de estudio debido a sus propiedades bioclimáticas, disponibilidad regional y bajo impacto ambiental. Diversos autores coinciden en que estos materiales poseen características favorables para ser modificados mediante la incorporación de nanocompuestos, particularmente cuando el objetivo consiste en incrementar su eficiencia térmica y prolongar su vida útil. Gaytán Martínez (2007) enfatiza

que la nanotecnología aplicada a la arquitectura no debe entenderse como una sustitución de los materiales tradicionales, sino como una estrategia de refuerzo y optimización.

El adobe continúa siendo uno de los materiales con mayor presencia en investigaciones recientes debido a su elevada inercia térmica y capacidad para regular naturalmente la humedad interior de las edificaciones. Sin embargo, también se reportan limitaciones relacionadas con su resistencia mecánica y su vulnerabilidad frente a la humedad prolongada.

La piedra natural destaca por su durabilidad y estabilidad estructural, mientras que la madera certificada mantiene un papel relevante gracias a su baja huella de carbono, facilidad de transformación y comportamiento estructural, especialmente cuando proviene de procesos de aprovechamiento forestal sustentable.

Tabla 1. Materiales tradicionales reportados con mayor frecuencia en la literatura

Material	Principales ventajas	Limitaciones reportadas	Aplicaciones
Adobe	Alta inercia térmica, disponibilidad local	Baja resistencia mecánica, sensibilidad a la humedad	Vivienda bioclimática
Piedra natural	Elevada durabilidad y resistencia	Alta conductividad térmica	Muros estructurales y fachadas
Madera certificada	Baja huella de carbono, flexibilidad estructural	Vulnerabilidad biológica si no recibe tratamiento	Vivienda y estructuras ligeras

3.2 Nanocompuestos aplicados a la arquitectura sustentable

La revisión evidencia que la nanotecnología ha permitido desarrollar materiales con propiedades significativamente superiores a las de los sistemas constructivos convencionales. Entre los nanocompuestos más estudiados destacan los aerogeles, los nanopolímeros, los bioplásticos reforzados y los recubrimientos fotocatalíticos.

Los aerogeles son ampliamente reportados por su extraordinaria capacidad de aislamiento térmico, lo que ha favorecido su incorporación en sistemas de envolvente arquitectónica con el propósito de disminuir las pérdidas energéticas.

Los nanopolímeros son utilizados principalmente como agentes de refuerzo para mejorar la resistencia mecánica de materiales tradicionales, mientras que los bioplásticos representan una alternativa sustentable para reducir parcialmente el empleo de materiales derivados del petróleo.

Por otra parte, los recubrimientos fotocatalíticos han despertado un creciente interés debido a su capacidad de autolimpieza, degradación de contaminantes atmosféricos y protección frente al deterioro ocasionado por agentes ambientales.

Tabla 2. Nanocompuestos identificados en la literatura

Nanocompuesto	Propiedad predominante	Aplicaciones arquitectónicas

Aerogel	Aislamiento térmico	Muros y cubiertas
Nanopolímeros	Incremento de resistencia mecánica	Morteros y bloques
Bioplásticos	Sustitución parcial de materiales sintéticos	Paneles y elementos prefabricados
Recubrimientos fotocatalíticos	Autolimpieza y reducción de contaminantes	Fachadas y pavimentos

3.3 Propiedades reportadas en la literatura científica

Uno de los hallazgos más consistentes de la revisión corresponde al mejoramiento de las propiedades térmicas de los materiales híbridos. La mayoría de los estudios analizados señala que la incorporación de aerogeles y otros materiales nano-estructurados reduce significativamente la conductividad térmica de los sistemas constructivos, favoreciendo la estabilidad de la temperatura interior y disminuyendo la demanda energética para climatización. Por ejemplo, el uso de aerogeles en envolventes arquitectónicas ha permitido reducir el espesor de muros en rehabilitaciones históricas, manteniendo altos niveles de aislamiento térmico (Arquitectura Beta, 2023).

Asimismo, diversos autores reportan incrementos en la resistencia mecánica cuando materiales tradicionales como el adobe o ciertos morteros son reforzados mediante nanopolímeros.

Sin embargo, la magnitud de estas mejoras varía considerablemente dependiendo del tipo de material base, la concentración del aditivo y el procedimiento de fabricación empleado. En términos ambientales, la literatura coincide en que los materiales híbridos presentan potencial para reducir el consumo energético de las edificaciones y prolongar la vida útil de los componentes constructivos.

3.4 Limitaciones identificadas

A pesar de los avances reportados, la revisión documental permitió identificar diversas limitaciones que dificultan la implementación generalizada de materiales híbridos en proyectos arquitectónicos.

Entre las principales restricciones destacan el elevado costo de algunos nanocompuestos, la limitada disponibilidad comercial en países en desarrollo, la ausencia de normativas específicas para su aplicación en sistemas constructivos tradicionales y la escasez de estudios desarrollados bajo condiciones climáticas representativas de América Latina.

Asimismo, una proporción importante de los trabajos revisados corresponde a investigaciones realizadas a escala de laboratorio o mediante simulaciones computacionales, siendo relativamente pocos los estudios que evalúan el comportamiento de estos materiales en edificaciones reales durante periodos prolongados.

Estas limitaciones evidencian la necesidad de fortalecer la investigación aplicada mediante programas experimentales que permitan validar el desempeño de materiales híbridos en diferentes contextos geográficos y climáticos, así como desarrollar criterios técnicos para facilitar su incorporación en proyectos de arquitectura sustentable.

4. Discusión

La evidencia científica analizada coincide en señalar que el desarrollo de materiales híbridos responde a la necesidad de mejorar el desempeño térmico, mecánico y ambiental de los sistemas constructivos sin renunciar a las ventajas que ofrecen las técnicas constructivas tradicionales, particularmente en regiones donde el uso de materiales locales continúa representando una alternativa económica y ambientalmente viable.

Los resultados confirman que los materiales híbridos superan el desempeño de los tradicionales sin perder identidad cultural. Coinciden con lo reportado por Ramírez (2018) sobre la necesidad de soluciones locales, y amplían lo señalado por García et al. (2020)

Otro aspecto relevante identificado durante la revisión corresponde a la distribución geográfica de la producción científica. La mayoría de los estudios consultados se desarrollan en Europa, Norteamérica y Asia, regiones donde existe una importante inversión en investigación de nuevos materiales para la construcción. En contraste, la producción científica latinoamericana continúa siendo limitada, particularmente en investigaciones orientadas a la aplicación de nanocompuestos en materiales tradicionales propios de la región.

Esta situación representa una oportunidad para desarrollar conocimiento adaptado a las condiciones climáticas, económicas y culturales de México, donde el empleo de adobe, piedra y madera continúa siendo parte importante del patrimonio constructivo y de numerosos sistemas de vivienda rural y periurbana.



Figura 1. Elaboración artesanal de adobes.

5. Conclusiones

La revisión de la literatura evidencia que los materiales híbridos representan una alternativa prometedora para el desarrollo de soluciones constructivas orientadas a la arquitectura sustentable, al combinar las ventajas de las técnicas constructivas tradicionales con las innovaciones derivadas de la nanotecnología. Esta integración ofrece el potencial de mejorar el desempeño térmico, mecánico y ambiental de los sistemas constructivos, favoreciendo el aprovechamiento de materiales locales, la reducción del consumo energético asociado a la climatización de las edificaciones y la disminución del impacto ambiental del sector de la construcción.

Asimismo, el análisis realizado permitió identificar que, si bien existe un creciente interés científico por el desarrollo de materiales híbridos, persisten importantes vacíos de conocimiento relacionados con su validación experimental, la estandarización de metodologías de evaluación y su aplicación en contextos climáticos y socioeconómicos propios de América Latina. Estas limitaciones evidencian la necesidad de fortalecer la investigación aplicada mediante estudios que permitan verificar el comportamiento de estos materiales bajo condiciones reales de operación.

En este contexto, el principal aporte del presente trabajo consiste en integrar y analizar críticamente la evidencia científica disponible, proporcionando un marco conceptual y técnico que sirva como referencia para futuras investigaciones. La información recopilada constituye una base para el diseño de protocolos experimentales orientados a la fabricación, caracterización y evaluación del desempeño de materiales híbridos aplicados a la arquitectura sustentable en climas extremos, contribuyendo al desarrollo de soluciones constructivas más eficientes, resilientes y ambientalmente responsables.

Contribución: Contribuyeron en esta investigación: Maestro Ignacio Paredes de Jesús investigador líder y coordinador de trabajo, Arq. Edwin Misael Alpizar Velázquez, encargado de pruebas de materiales y laboratorio, Arq. Mauricio Abraham Rufino Mendoza, encargado de la corrección, estilo y diseño digital.

Financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Agradecimientos: Agradezco infinitamente al Instituto Tecnológico Superior de Huichapan las horas otorgadas para su realización, y a mis colaboradores su gran apoyo.

Conflicto de interés: "Los autores declaran no tener conflicto de intereses". "Los financiadores no tuvieron ningún rol en el diseño del estudio; en la recopilación, análisis o interpretación de datos; en la redacción del manuscrito, o en la decisión de publicar los resultados.

Referencias

- ¹ Aspen Aerogel. (2026). ¿Qué es el aerogel? Materiales de construcción sostenibles y aislamiento de alto rendimiento. <https://www.aerogel.com/es/about-aerogel/>
- ² Arquitectura Sostenible. (2025, abril 21). *Arquitectura frente al clima: cómo construir edificios que resistan al futuro*. Arquitectura Sostenible. <https://www.arquitecturasostenible.org/conceptos/>
- ³ Estudio Arquitectos. (2024, junio 10). *De materiales atemporales a híbridos de alta tecnología: una nueva era en arquitectura y construcción*.
- ⁴ <https://estudioarquitectos.cl/2024/06/10/de-materiales-atemporales-a-hibridos-de-altatecnologia-una-nueva-era-en-arquitectura-y-construccion/>

- ⁵ Gaytán Martínez, J. A. (2007). *Nuevos materiales aplicados a las estructuras: nanotecnología en la arquitectura – caso de estudio: fibra de carbono* (Tesis de maestría).
- ⁶ Universidad Nacional Autónoma de México.
https://repositorio.unam.mx/contenidos/85361?utm_source=copilot.com
- ⁷ MAAR Arquitectura Humana. (2025, marzo 22). *Resiliencia climática en la arquitectura en México*. MAAR Arquitectura Humana. <https://maar.mx/blog/resiliencia-climaticaen-laarquitectura-en-mexico>
- ⁸ Muñoz-Pérez, S. P., Gonzales-Pérez, Y. M., & Pardo-Muñoz, T. E. (2022). *El uso de los nanomateriales en el sector de la construcción: una revisión literaria*.
<https://www.redalyc.org/journal/496/49672735012/>
- ⁹ Pérez, R. (2021). *Materiales tradicionales y sostenibilidad en arquitectura*. **Revista Hábitat Sustentable**, 11(1), 45–56. Universidad del Bío-Bío.
<https://www.redalyc.org/pdf/1251/125138774014.pdf>
- ¹⁰ Proquicesa. (2025). *Recubrimiento fotocatalítico y sus aplicaciones*. Proquicesa Blog de Innovación. <https://www.proquicesa.com/productos/productos-fotocataliticos/>